

配电自动化终端设备可靠性提升路径

刘奇敏

内蒙古电力（集团）有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘要】：配电自动化终端设备在实际应用中暴露出硬件稳定性不足、环境适配性差及运维管控体系薄弱等核心问题，严重影响配电网的可靠运行。针对上述问题，从硬件结构与材料选型优化入手，提升元器件等级与整机防护能力；构建设备环境适配防护体系，强化对高温、高湿、盐雾、强电磁干扰等复杂工况的适应性；同时完善覆盖设备全生命周期的运维管控机制，融合状态感知、智能诊断与数字化管理手段。通过多维度协同改进，有效降低了设备故障率，增强了长期运行稳定性，为配电自动化系统高效、可靠运行提供了技术保障。

【关键词】：配电自动化终端；可靠性；硬件设计；环境适应性；智能运维

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.042

引言

在新型电力系统加快建设、配电网智能化持续升级的背景下，配电自动化终端承担故障检测、隔离及恢复控制等核心功能，其运行可靠性直接关系供电连续性与服务质量。现阶段，该类终端在实际应用中存在复杂工况适应性不足、硬件冗余设计欠缺、运维处置滞后等突出问题，易引发误动、拒动、通信中断等故障，难以适配高可靠供电要求。尤其在城乡环境差异显著、运行条件多变的应用场景中，设备长期稳定运行压力较大。为此，需结合工程实际梳理可靠性关键制约因素，从结构优化、环境防护、运维机制完善等维度构建系统化提升方案，助力配电自动化终端高质量应用发展。

1 配电自动化终端设备可靠性现存核心问题剖析

1.1 设备硬件运行稳定性不足

配电自动化终端设备在实际运行中，硬件稳定性不足的问题突出表现为元器件选型等级偏低、抗干扰能力弱以及环境适应性差。部分设备采用消费级或工业级以下的电子元件，在高温、高湿、强电磁干扰等复杂配电网环境中易出现性能漂移甚至失效。电源模块冗余设计不足，面对电压波动或瞬时断电时难以维持正常工作，导致频繁重启或数据丢失。此外，结构密封性与散热设计不合理，使得设备在长期户外运行中易受潮、积尘或过热，加速内部电路老化。通信模块与主控单元集成度不高，接口松动或信号衰减现象频发，进一步削弱系统整体可靠性。硬件测试验证环节也存在覆盖不全、老化试验周期不足等问题，未能充分暴露潜在缺陷，致使批量部署后故障率居高不下。

1.2 现场运行环境适配性较差

配电自动化终端设备落地布设阶段会面临各类复杂多变的现场工况，环境适配层面的缺陷较为明显。设备长期处于高

温高湿、盐雾粉尘及强电磁干扰等严苛外界条件下，现有产品在密闭结构构造、防腐材质选型与电磁兼容配置上存在设计缺陷，内部电子元件老化速率加快，非正常动作现象频繁出现^[1]。设备研发阶段缺少对不同区域气候特征的差异化考量，严寒区域使用时易产生显示模块故障、储能组件性能衰减等状况，湿热区域运行期间易因内部凝露形成线路短路隐患。户外安装空间约束、供电供给波动、无线信号遮挡等现实条件未融入前期产品研发环节，运行过程中易出现通讯失联、供电故障及功能失效等状况，终端设备现行环境测试规范、防护层级规划与定制化开发水平存在短板，无法适配大范围部署与长期安全运行的实际要求。

1.3 运维管控体系存在短板

配电自动化终端设备运维管控体系在制度规范、技术保障及实际执行环节均存在短板。现行运维规范尚未形成统一范式，各区域运维主体执行标准存在偏差，造成设备维保质量差异化显著。故障处置模式相对滞后，终端运行工况缺少在线监测与智能研判手段，设备异常多依靠人工巡检识别，主动预判及应急处置能力不足。运维数据采集渠道分散孤立，未搭建一体化结构化数据平台，设备全周期管控工作推进受阻。一线运维人员专业素养存在分层现象，常态化技能培育机制不完善，面对新一代智能终端易出现技术适配难题，直接影响运维作业质量。绩效考核与责任溯源机制建设不完善，运维流程缺少闭环管控约束，各项管控举措难以落到实处，降低配电自动化终端在多场景运行环境中的安全稳定水平，制约配电系统整体运行效能释放。

2 配电自动化终端设备可靠性针对性提升路径

2.1 优化设备硬件结构与选材设计

配电自动化终端设备硬件架构需贴合现场布设工况与恶

劣运行环境,依托模块化紧凑排布缩减内部布线距离,弱化各类信号干扰。设备外壳优先选取抗紫外、耐冲击的改性聚碳酸酯或铝合金材料,兼顾自重控制与结构强度,实现电磁屏蔽能力的有效保障。结构层面搭配迷宫式密封槽与硅胶密封构件,阻断雨水粉尘渗透路径,设备防护能力可达到IP67及以上标准。内部支撑构件选用不锈钢或经钝化处理的金属材质,规避长期服役下锈蚀引发的结构松脱问题。沿海及工业污染场景内核心金属构件需完成500小时以上盐雾检测,杜绝腐蚀现象产生。电路板承载结构规避应力集中现象,减少运输震动引发的焊点失效。外壳采用阳极氧化、粉末喷涂等表面处理手段,强化耐候性能,抑制静电堆积,保障精密电子组件稳定运行,优化设备整体在复杂电网工况下的结构可靠性与使用周期。

2.2 构建设备环境适配防护体系

配电自动化终端设备在实际运行中常面临复杂多变的外部环境,需从材料选型、结构设计与功能配置等层面系统构建环境适配防护体系^[2]。外壳优先采用高强度工程塑料或铝合金材质,达到IP67及以上防护等级,有效阻隔雨水、尘埃及腐蚀性气体侵入。内部电路板涂覆三防漆(防潮、防霉、防盐雾),提升在沿海或工业污染区域的耐腐蚀能力。针对极端温度变化,引入相变材料辅助热管理,在高温时段吸收多余热量,低温时缓慢释放以维持元器件工作温度稳定。通信模块加装屏蔽罩并优化接地布局,降低强电场或无线信号干扰对数据传输的影响。在高海拔地区,考虑空气稀薄导致的散热效率下降,适当增大散热片面积或采用低功耗芯片降低热负荷。设备安装接口设计应兼容多种杆塔与柜体结构,避免因机械应力集中引发密封失效或结构松动,从而确保在各类典型部署场景下均能维

持长期稳定运行。

2.3 完善全周期运维管控机制

配电自动化终端设备的可靠性提升需依托覆盖规划、部署、运行至退役全过程的精细化运维管控机制。在设备投运前,建立标准化入网检测流程,对通信协议一致性、电源适应性及故障录波精度等关键指标进行严格验证。运行阶段引入基于状态感知的智能运维策略,通过内置自诊断模块实时监测电源电压波动、通信链路质量及内部温升异常,并将数据上传至主站系统进行趋势分析与预警^[3]。定期开展远程固件升级和参数校准,避免因软件缺陷或配置漂移导致功能失效。结合地理信息系统(GIS)与设备台账信息,动态优化巡检路径与频次,对高故障率区域实施重点监控。设备临近寿命末期时,依据历史运行数据与老化模型评估剩余可用年限,提前安排更换计划,防止突发性停机影响馈线自动化功能。运维记录全程数字化归档,支撑故障回溯与可靠性统计分析,形成闭环管理。

3 结语

配电自动化终端设备作为智能配电网的关键节点,其可靠性直接关系到供电质量与系统运行效率。面对硬件稳定性不足、环境适配性差及运维体系薄弱等现实挑战,需从设计源头、防护能力与管理机制三方面协同发力。通过优化元器件选型与结构布局,构建覆盖多场景的环境适应性防护体系,并建立贯穿设备全生命周期的数字化运维管控流程,可系统性提升终端在复杂工况下的持续运行能力。未来,随着新材料、边缘计算与状态感知技术的深度融合,终端设备将向更高可靠性、更强自愈性和更优环境兼容性方向演进,为配电网智能化转型奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 王宁.配电自动化终端设备的设计与运用[J].集成电路应用,2025,42(01):212-213.
- [2] 姜文材.配电自动化终端设备在配网自动化中的应用探讨[J].中国设备工程,2024,(06):100-102.
- [3] 郑华勇.配电自动化终端设备在电力配网自动化的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(35):1-3.